

TRANSLATION FROM GERMAN

(12) WORLD ORGANIZATION OF INTELLECTUAL PROPERTY INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED PURSUANT TO THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Organization for Intellectual
Property – International Office

PCT

(10) International Publication Number:
WO 02/37578 A1

(43) International Publication Date:
10 May 2002

(51) International Patent Classification: H01L 33/00
(21) International Application Number: PCT/DE01/04171

(22) International filing date: 6 November 2001

(25) Submission language German

(26) Publication language German

(30) Priority data:

100 54 966.7 6 November 2000 GERMANY

(71) Applicant: *(for all designated states, except US):*
OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH
& CO. OHG [GERMANY/GERMANY];
Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg
(GERMANY).

(72) Inventor and

(75) Inventor/Applicant *(for US only):* BAUR, Johannes
[GERMANY/GERMANY]; Am Haslach 9,
93180 Deuerling (GERMANY). EISERT,
Dominik [GERMANY/GERMANY];
Agricolaweg 11, 93049 Regensburg
(GERMANY). FEHRER, Michael
[GERMANY/GERMANY]; Rilkestrasse 5B,
93077 Bad Abbach (GERMANY). HAHN,
Berthold [GERMANY/GERMANY]; Am
Pfannenstiel 2, 93155 Hemau (GERMANY).
HARLE, Volker [GERMANY/GERMANY];
Eichenstrasse 35, 93164 Waldetzenberg
(GERMANY). JACOB, Ulrich
[GERMANY/GERMANY]; Nothaftstrasse 12a,
93053 Regensburg (GERMANY).

OBERSCHMID, Raimund
[GERMANY/GERMANY]; Minoritenweg 7
B, 93161 Sinzing (GERMANY). PLASS,
Werner [GERMANY/GERMANY]; Obere
Bachgasse 9, 93042 Regensburg
(GERMANY). STRAUSS, Uwe
[GERMANY/GERMANY]; Erich-Kästner-
Strasse 32, 93077 Bad Abbach (GERMANY).
VÖLKL, Johannes
[GERMANY/GERMANY]; Hofer Strasse 4,
91056 Erlangen (GERMANY). ZEHNDER,
Ulrich [GERMANY/GERMANY];
Augustenstrasse 11, 93049 Regensburg
(GERMANY).

(74) Attorneys: EPPING HERMANN & FISCHER;
Ridlerstrasse 55, 80339 Munich
(GERMANY).

(81) Designated nations *(national)*: CA, CN, JP, KR,
US.

84) Regional states *(regional)*: European Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

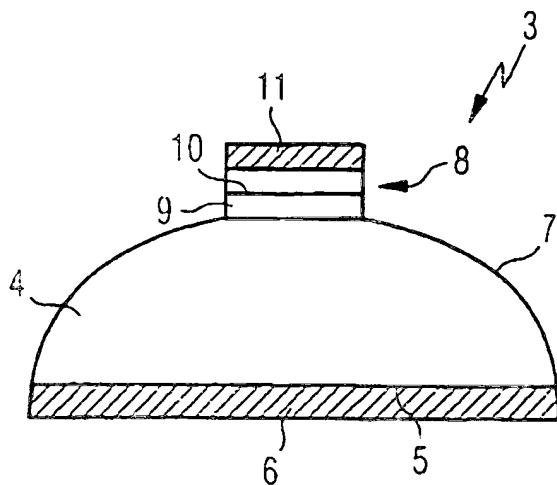
Published:

- with International Search Report
- before expiration of the deadline for amendments
to claims; republished, if amendments are
submitted

*For explanation of the two-letter codes and other
abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes
and Abbreviations" at the beginning of each regular
issue of the PCT Gazette.*

BEST AVAILABLE COPY

(54) Title: RADIATION-EMITTING CHIP



(57) Abstract: A light-emitting chip (3) comprises a lens-shaped output window (4), the base surface (5) of which is provided with a mirror surface (6). A sequence of layers (9) is arranged on an output surface (7) of the output window (4) with a photon emitting p-n junction (10). The photons emitted by the p-n junction are reflected at the mirror surface (6) and can leave the output window (4) through the output surface (7).

Description

Radiation-emitting chip

The invention concerns a radiation-emitting chip with a photo-emitting active region and an output window connected to it, especially adjacent to it, having an output surface, via which at least part of the radiation emitted from the active region is output from the chip.

A light-emitting diode chip, having an n-doped output window in the shape of a truncated pyramid, is known from US 50 87 949 A. A p-conducting layer is formed along the base surface of the n-conducting base element. An insulation layer, interrupted by a central window, is situated beneath the p-conducting layer. The p-conducting layer is contacted in the window by a contact layer. Another contact layer is situated on the top of the base element in the shape of a truncated pyramid. The current flow through the p-conducting layer and the n-conducting base element is restricted by the insulation layer to the region of the window. During current flow, photons are emitted in the region of the window along the interface between the p-conducting layer and the n-conducting base element. Because of the truncated pyramid configuration of the base element, most of the photons encounter the output surface of the base element, shaped like a truncated pyramid, at an angle smaller than the critical angle for total reflection. This known component has comparatively high light yield on this account.

A drawback of the known light-emitting diode chips consists of the fact that the pn-junction is situated on the mounting side of the chip. During mounting with electrically conducting silver-epoxy glue, a hazard therefore exists that the highly swelling glue will short-circuit the active region on the side, which leads to failure of the component.

With this prior art as point of departure, the underlying task of the invention is to devise an improved chip of the type just mentioned, in which the hazard of a short circuit of the active region or part of it is largely eliminated.

This task is solved by a chip with the features of Patent Claim 1.

Advantageous modifications of the invention are mentioned in Claims 2 to 25.

“Chip axis” in the subsequent text is understood to mean a line running through the chip, perpendicular to a mounting surface of the chip.

According to the invention, the active of the chip has a cross-sectional surface lying perpendicular to the chip axis that is smaller than a cross-sectional surface of the output window lying perpendicular to the chip axis, and the active region is arranged after the output window, in the emission direction of the chip.

A mirror surface is formed on the side of the output window facing away from the active region and therefore facing the mounting surface. This mirror surface is preferably larger than the aforementioned cross-sectional surface of the active region and is preferably formed from a metallization layer that, with particular preference, is simultaneously used for electrical contacting of the chip.

In the chip according to the invention, the photon-emitting active region is removed far enough from any electrically conducting connection device for fastening of the chip to a chip support, so that the hazard of an electrical short circuit of the active region through the electrically conducting connection device is largely eliminated. The chip according to the invention can therefore be mounted reliably.

In a preferred variant of the component according to the invention, a surface facing the emission direction of the chip of a partial region of the output window protruding over the active region has a curve, for example, a circular, outward arched surface. The curved surface is preferably fully around the active region, so that the output window has an outer contour at least roughly equivalent to the shape of a spherical cap.

The cross section of the active region and the radius of curvature R_2 of the curved surface of the output window are chosen so that the virtual active region, forming by reflection on the mirror surface, comes to lie within the Weierstrass sphere assigned to the circular segment. In particular, this means that the radii of curvature R_2 are greater than or equal to twice the height of the component. Moreover, the half-maximum outside dimension R_1 of the active region along the output surface $R_1 < R_2 n_A/n_i$, in which n_i is the refractive index of the material of the output window and n_A the refractive index of the surroundings, which is formed, in particular, by a chip casting.

With this arrangement, the chip comes close to the ideal form according to Weierstrass, since the virtual active region lies within the Weierstrass sphere and the virtually generated photons there can leave the base element.

The invention is particularly suited for chips, in which the material of the output window has a greater refractive index than the refractive index of the adjacent material of the active region, which is generally formed as an active multilayer structure. Because of this, reflection of the radiation emitted rearward from the active zone on the interface between the active region and the output window is reduced and compression of the radiation coupled into the output window occurs.

The chip geometry according to the invention is used with particular preference in nitride-based LED chips, in which the active multilayer structure is produced on an SiC or SiC-based growth substrate. Here, refractive index_{active layer} > refractive index_{substrate} applies. GaN-based LED chips are LED chips whose radiation-emitting layer has, for example, GaN, InGaN, AlGaN and/or InGaAlN.

All binary, ternary and quaternary nitrogen-containing III-IV semiconductor mixed crystals, like GaN, InN, AlN, AlGaN, InGaN, InAlN and AlInGaN, fall under “nitride-based”.

Similarly, “SiC-based” means any mixed crystal whose essential properties are furnished by the components Si and C.

The layer sequence of the active region is preferably grown onto a substrate material that is later further processed to output windows.

The invention is described below with reference to the accompanying drawings. In the drawings:

- Figure 1 shows a schematic view of a cross section through an element that generates light following the Weierstrass principle;
- Figure 2 shows a schematic view of a cross section through a chip according to the invention;
- Figure 3 shows a schematic view of a cross section through the chip from Figure 2, in which the position of the virtual active region is indicated;
- Figure 4 shows a schematic view of a cross section through another practical example of a chip according to the invention;
- Figure 5 shows a cross section through a practical example with directed emission;
- Figure 6 shows a cross section through a practical example, whose mirror surface has elevations that divert the photons in the lateral direction under the active region;
- Figure 7 shows a practical example of a concave mirror surface and

Figure 8 shows a component with active regions arranged next to each other, to which a section of an output window with the shape of a truncated pyramid is connected.

The element depicted in Figure 1 has a cross section ideally configured according to Weierstrass. The element has an inner light-generating region 1 with radius R_1 . The light-generating region 1 is surrounded by an enclosure 2 with a refractive index n_i and radius R_2 . The enclosure 2 is surrounded by a material with refractive index n_A (for example, air or plastic casting material). In order for the light generated in the light-generating region 1 to be fully emitted from enclosure 2, the following must apply: $R_1/R_2 < n_A/n_i$.

A cross section through a light-emitting diode (LED) chip 3 is shown in Figure 2, having an output window 4 in the shape of a spherical cap, on whose base surface 5 a mirror layer 6 is formed. A photon-emitting active region 8 is provided opposite the mirror layer 6 on the output window 4. The active region 8 includes the layer sequence 9 with a radiation-emitting zone 10, especially a radiation-emitting pn-junction 10, and is covered with a contact layer 11. The active region 8 can include other layers involving crystalline or electrical adjustment and/or so-called cover layers, in addition to the layers of the radiation-emitting zone 10. Such layer sequences are known and are therefore not further explained here. The mirror layer 6 can also be designed as a contact layer.

During current flow to the output window 4 and the active region 8, photons are generated by recombination of charge carriers. Part of these generated photons are emitted to the output window 4, reflected on the base surface 5 and, for the most part, diverted in the direction toward output surface 7. If they occur there at an angle smaller than the critical angle (also called the boundary angle) for total reflection, the photon can pass through the output surface 7 and leave the output window 4. The probability that the latter will occur is increased with a chip according to the invention, in comparison with the ordinary chip geometries.

It is particularly advantageous if the geometric conditions of the chip are chosen so that a virtual image 12 of the active region 8 comes to lie, with reference to output surface 7, so that the Weierstrass condition for light output without total reflection is met. This is the case when the radii of curvature R_2 of the output surface 7 are chosen so that the following applies: $2H - R_2$

$$\frac{n_A}{n_i} \leq R_2 \leq 2H + R_2 \frac{n_A}{n_i}, \text{ preferably } R_2 = 2H, \text{ in which } H \text{ is the height of the chip 3. In addition,}$$

for the half-elongation R_1 of the active region 8, the refractive index n_i of the active region 8 and

the refractive index n_2 of the output 4, the following apply: $R_1/R_2 < n_A/n_i$. In this case, a large part of the photons occurring on mirror surface 6 can be output through the output surface 7. Essentially only those photons that are reflected back and forth between mirror surface 6 and active region 8 or are absorbed again in active region 8 are excepted from this.

A modified chip 13 is shown in Figure 4, whose output window 14 is designed in the shape of a truncated pyramid via a partial thickness, starting from the interface to the active region 8, by means of side surfaces 15 that run obliquely away from the chip axis. Together with the other side surfaces of the output window 4, the obliquely running side surfaces 15 form a dome-like, arched output surface, whose envelope curve has roughly the shape of a spherical cap. The latter is shown by the dashed line in Figure 4. The chip depicted in Figure 4 is advantageous in that it can be produced simply and simultaneously can approach the ideal shape according to Weierstrass.

Deviating from the chip 13 depicted in Figure 4, the obliquely running side surfaces 17 in the chip 16 depicted in Figure 5 run at a more acute angle to the chip axis in the corresponding side surfaces 15 of chip 13 of Figure 4. The side surfaces 15 of chip 13 are shown with a dashed line in Figure 5. The radiation emerging from chip 16 is concentrated in the direction of emission direction 18 by the more acute angle of the side surfaces 17. This is shown by the photon trajectories, drawn with solid lines in Figure 15, that are aligned more strongly toward the emission direction 18 relative to the photon trajectories 20 of chip 13 from Figure 4, drawn with the dashed line.

It is also clear, with reference to Figure 5, that some of the photon trajectories 19 often run back and forth between the contact layer 11 and the mirror layer 6. Photons having such trajectories are partly absorbed in the active region 8 and lost. As shown in Figure 6, by providing oblique surfaces 30 relative to the chip axis on the side of the output window 14 facing away from active region 8, which are preferably designed reflecting, this problem is at least reduced. The oblique surfaces 30 can deflect said photon trajectories 19 in the lateral direction, away from the chip axis, so that they are no longer reflected to the active region 8, but to a side surface of the output window 14.

Such radiation deflection surfaces 30, oblique to the chip axis, can be achieved, for example, by appropriate structuring of the output window 14, by means of recesses 21 and elevations 22 lying in between, beneath the active region 8 in the base surface 5.

The recesses 21 can be produced, for example, by reactive ion etching (RIE) or by sawing.

In the cross section depicted in Figure 7 through an additional practical example, the output window 26 has a mirror layer 6 on its side facing away from active region 8 with the shape of a paraboloid concave mirror. The focal point of the mirror layer 6 preferably lies in the active region 8. By reflection on mirror surface 6, the photon trajectories emerging from active region 8 are reflected so that the photons encounter the front side 24 of the output window 26 under an angle that is smaller than the critical angle for total reflection. This is shown in Figure 7 with reference to the photon trajectories 25. In addition to the paraboloid chip back side, the top 24 of the output window 26 can be designed as in the chips according to Figures 2, 4 and 5.

The chip geometry according to Figure 7 has the advantage that the output surface is on the front of the window layer 6 and is smaller. The light density is advantageously higher than in the chip 3 according to Figure 2. The light can therefore be imaged more easily with downline optics.

Finally, as shown in Figure 8, several chips 3, 13 or 23 can be arranged next to each other and joined to a single chip 27. The side surfaces 15 are then formed by recesses 28 in output window 4. The recesses 28 are preferably made by profile sawing into output window 4.

In the practical examples depicted in Figures 1 to 8, the mirror surface 6 is formed, in each case, as a contact layer. However, it is also possible to perform contacting not over the entire surface, but to provide mirroring of the remaining surface, in addition to contacting that partially covers the base surface 5. Contacting that partially covers the base surface 5 can be designed, for example, grid-like or strip-like. The contact layer formed along the base surface 5 should expediently lie precisely opposite the upper contact of the contact layer 11, in order to keep the electrical losses low.

It is also possible to provide contacting between the active region 8 and the output region 4 or 26 that is brought out laterally, instead of contacting along the base surface.

In the practical examples depicted in Figures 2 to 8, the active region 8 is arranged on a lens-like output window 4. It is also conceivable, in the practical examples depicted in Figures 2 to 6, to design the output window 4 in the form of a Fresnel lens. The mirror surface 6, in the practical example depicted in Figure 7, can also have the shape of a Fresnel mirror.

The contacts can be designed strip-like or grid-like, in which the intermediate spaces between the strips or grid lines are preferably designed reflecting.

Example 1:

The output efficiency was investigated for the chip 16 according to Figure 5, with a base surface 5 of $400\text{ }\mu\text{m} \times 400\text{ }\mu\text{m}$ and a pn-junction 10 with a surface of $120\text{ }\mu\text{m} \times 120\text{ }\mu\text{m}$. The reflection on the mirror surface 6 was 90%, the reflection on the contact layer 11 with 80%. The side surfaces 17 have a slope angle of 60 degrees. The output window 4 was made from SiC and the active region 8 was produced based on InGaN. In this case, 42% of the emitted photons could leave the chip 16.

Example 2:

In another chip 16, that differs from the chip 16 of example 1 only by a slope angle of the side surfaces 17 of 45 degrees, the output efficiency was 39%.

Comparative example 1:

In an ordinary cubic chip with a base surface of $400\text{ }\mu\text{m} \times 400\text{ }\mu\text{m}$, a back side reflection of 90%, a front reflection on a contact of 80%, the output efficiency was 28%.

Comparative example 2:

In an ordinary cubic chip with the base surface $400\text{ }\mu\text{m} \times 400\text{ }\mu\text{m}$ and an absorbing contacting on the front side of $120\text{ }\mu\text{m} \times 120\text{ }\mu\text{m}$ and an additional transparent contact on the front side for current expansion with a transmission of 50% and a back reflection of 90%, the output efficiency was 25%.

Investigations showed that, in the chip 16 depicted in Figure 5, an increase in light yield relative to an ordinary cubic chip by a factor of 1.7 is achieved. In the practical example depicted in Figures 1 to 4, the increase in light yield is much higher.

The increase in light yield is particularly significant in chips that emit UV light, since the materials used for casting of the chips generally absorb UV light and therefore cannot be used. The chips 3, 13, 16 and 23 presented here, however, have such high output efficiency that casting can be dispensed with.

Claims

1. Chip for optoelectronics, especially LED chip, with a photon-emitting active region (8) and an output window (4) having at least one output surface (7, 15, 17), characterized by the fact that the active region (8), referred to a main emission direction (18) of the chip, is arranged after the output window (4), that a mirror surface (6) is formed on the side (5) of output window (4) opposite active region (8), and that the output surfaces (7, 15, 17) protrude laterally beyond the side surfaces of active region (8).
2. Chip according to Claim 1, characterized by the fact that the active region (8) is a layer sequence (9) formed on output window (4).
3. Chip according to Claim 1 or 2, characterized by the fact that the chip has a chip axis running through the active region (8).
4. Chip according to one of the Claims 1 to 3, characterized by the fact that the output window (4) has a dome-like, especially a spherical cap-shaped form, in which the output window tapers toward the active region.
5. Chip according to Claim 4, characterized by the fact that a radius of curvature of an output surface (7) R_2 is greater than or equal to $2H - R = 2 \frac{n_A}{n_i}$ and less than or equal to $2H + R_2 \frac{n_A}{n_i}$, in which H equals the height of the chip.

6. Chip according to Claim 5,
characterized by the fact
that the following applies for the half-maximum dimension R_1 of the layer sequence (9) along
the output surface:
 $R_1 < R_2 n_A/n_i$.
7. Chip according to one of the Claims 1 to 4,
characterized by the fact
that the output window (4) is formed like a truncated pyramid, at least in sections.
8. Chip according to Claim 7,
characterized by the fact
that the output window (4) formed like a truncated pyramid, at least in sections, encloses a
spherical segment.
9. Chip according to Claim 7,
characterized by the fact
that the output window (4) with the shape of a truncated pyramid, at least in sections, encloses an
ellipsoid of revolution with a longitudinal axis running through the active region (8).
10. Chip according to one of the Claims 1 to 3,
characterized by the fact
that the output window (4) is designed as a Fresnel lens.
11. Chip according to one of the Claims 1 to 10,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) has elevations (21) that divert the photons in the lateral direction under
active region (8).

12. Chip according to one of the Claims 1 to 11,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) is curved.

13. Chip according to Claim 12,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) is designed concave, viewed from active region (8).

14. Chip according to Claim 13,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) is designed as a paraboloid.

15. Chip according to one of the Claims 1 to 14,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) is designed as a Fresnel mirror.

16. Chip according to one of the Claims 1 to 15,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) serves as contact surface.

17. Chip according to one of the Claims 1 to 15,
characterized by the fact
that the mirror surface (6) is formed next to contact surfaces.

18. Chip according to Claim 17,
characterized by the fact
that the contacts are formed strip-like.

19. Chip according to Claim 17,
characterized by the fact
that the contacts are formed grid-like.

20. Chip according to one of the Claims 17 to 19,
characterized by the fact
that the contact surface is opposite the active region (8).

21. Chip according to one of the Claims 1 to 20,
characterized by the fact
that a contact layer is formed between active region (8) and output window (4).

22. Chip according to one of the preceding claims,
characterized by the fact
that the material of the output window has a greater refractive index than the material of the
active region.

23. Chip according to one of the preceding claims,
characterized by the fact
that a nitride-based active region is provided and the output window has an SiC or SiC-based
material.

24. Chip according to Claim 23,
characterized by the fact
that a radiation-emitting layer of the active region contains GaN, InGaN, AlGaN and/or
InGaAlN.

25. Chip according to one of the preceding claims,
characterized by the fact
that the active region is grown onto the output window.

FIG 1

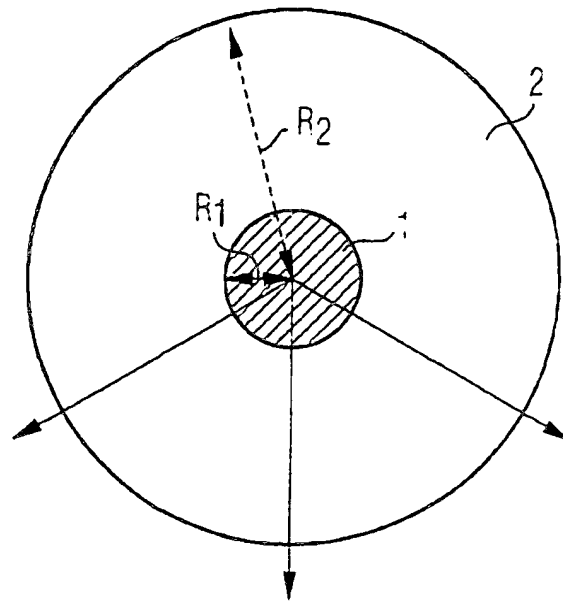


FIG 2

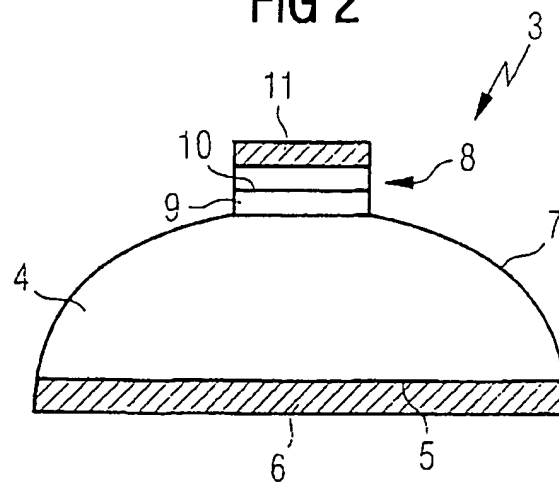


FIG 3

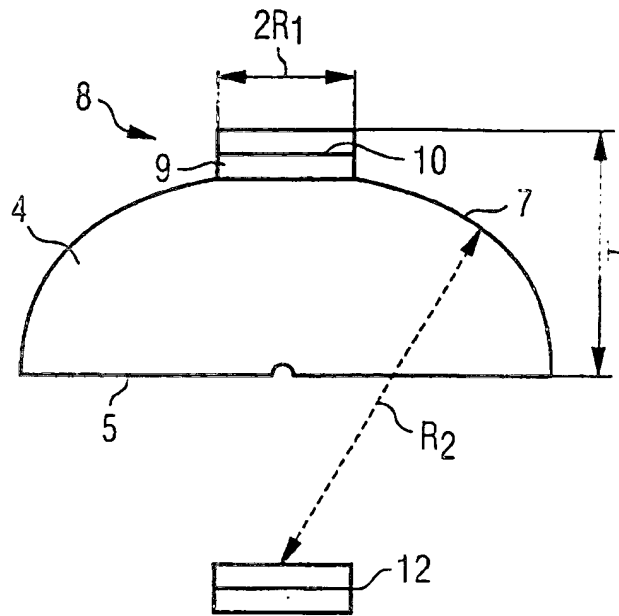


FIG 4

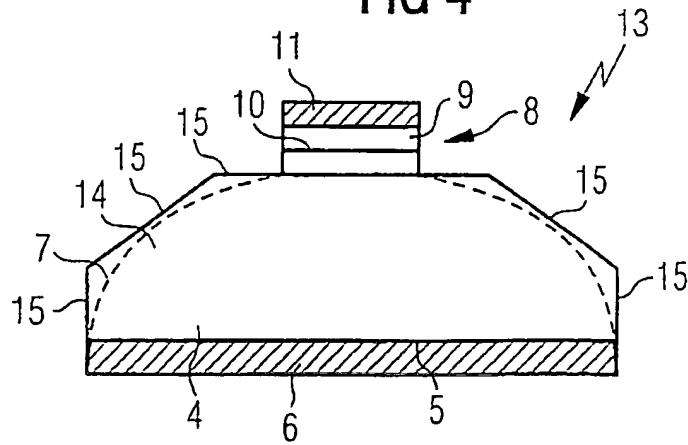


FIG 5

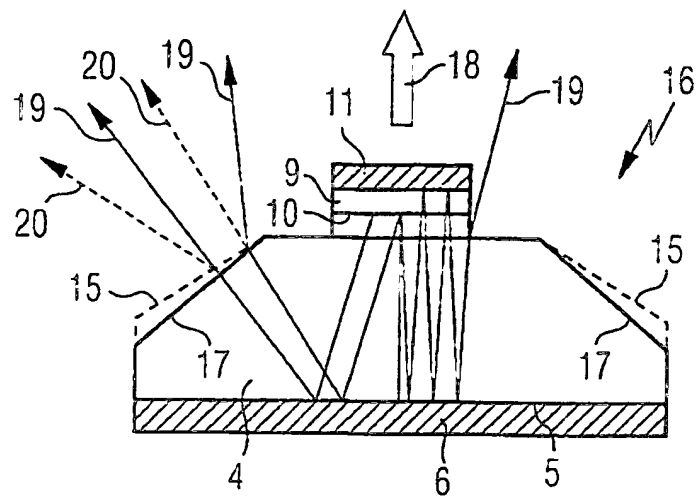


FIG 6

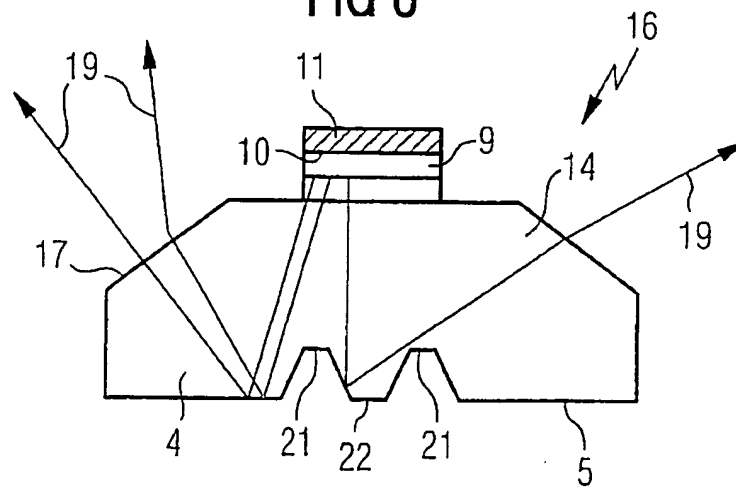


FIG 7

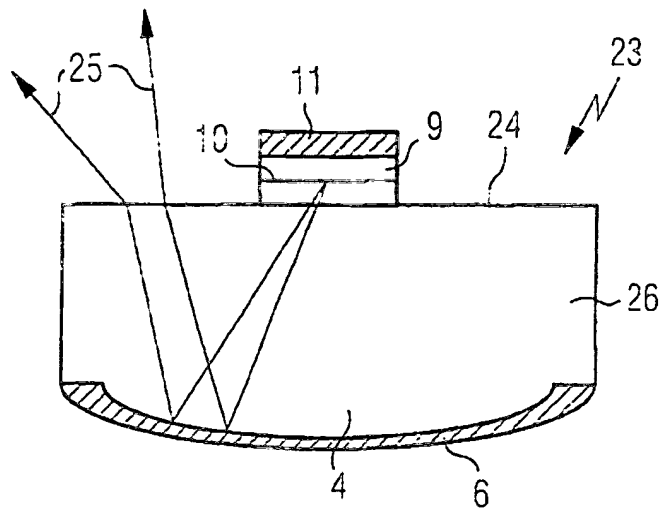
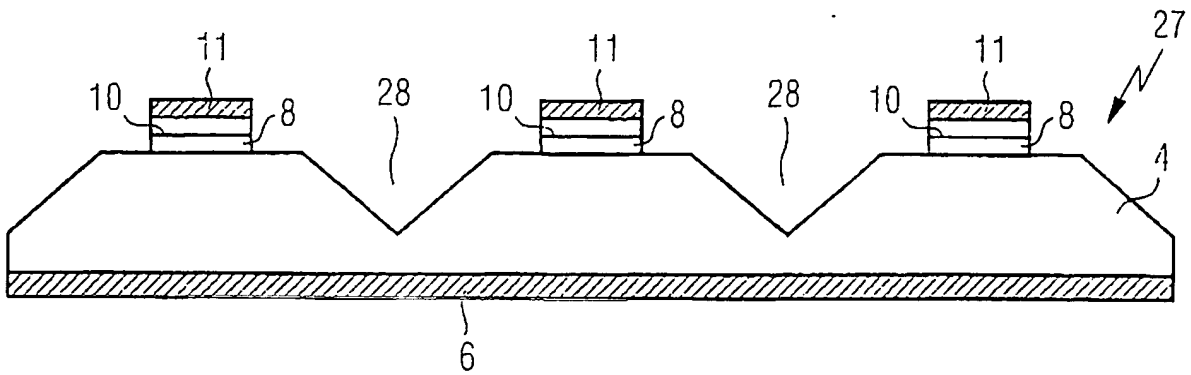


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/DE 01/04171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 September 1993 (1993-09-29) abstract; figures 4,5	1-4,7-25
Y	-----	5,6
X	US 6 025 251 A (JAKOWETZ WOLF ET AL) 15 February 2000 (2000-02-15) column 3, line 53 -column 4, line 31; figure 1	1
X	US 5 429 954 A (GERNER JOCHEN) 4 July 1995 (1995-07-04) figure 1	1
Y	EP 0 415 640 A (HEWLETT PACKARD CO) 6 March 1991 (1991-03-06) column 5, line 28 -column 7, line 35	5,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *B* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2002

Date of mailing of the international search report

28/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5810 Patenthaus 2
NL - 2280 AV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 21 651 opo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Werner, A.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 01/04171

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0562880	A	29-09-1993	DE 69312360 D1	28-08-1997
			DE 69312360 T2	20-11-1997
			EP 0562880 A1	29-09-1993
			JP 6013650 A	21-01-1994
			US 5349211 A	20-09-1994
US 6025251	A	15-02-2000	DE 19536438 A1	03-04-1997
			DE 59601335 D1	01-04-1999
			EP 0766324 A1	02-04-1997
			JP 2831621 B2	02-12-1998
			JP 9116196 A	02-05-1997
			TW 406429 B	21-09-2000
US 5429954	A	04-07-1995	US 5923053 A	13-07-1999
			DE 4305296 A1	25-08-1994
			JP 2573907 B2	22-01-1997
EP 0415640	A	06-03-1991	JP 6350135 A	22-12-1994
			US 5055892 A	08-10-1991
			DE 69016885 D1	23-03-1995
			DE 69016885 T2	08-06-1995
			EP 0415640 A2	06-03-1991
			HK 169395 A	10-11-1995
			JP 2891525 B2	17-05-1999

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Mai 2002 (10.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/37578 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 33/00**

(23) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE91/94171**

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. November 2001 (06.11.2001)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
100 54 966.7 6. November 2000 (06.11.2000) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &
CO. OHG** [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regens-
burg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAUR, Johannes**
[DE/DE]; Am Haslach 9, 93180 Deuerling (DE). **EISERT,
Dominik** [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg
(DE). **FEHRER, Michael** [DE/DE]; Rilkestrasse 5B,
93077 Bad Abbach (DE). **HAHN, Berthold** [DE/DE];
Am Pfannenstiel 2, 93155 Hemau (DE). **HÄRLE, Volker**
[DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164 Waldetzingen (DE).
JACOB, Ulrich [DE/DE]; Nothafstrasse 12a, 93053

Regensburg (DE). **OBERSCHMID, Raimund** [DE/DE];
Mineritenweg 7 B, 93161 Sinzing (DE). **PLASS, Werner**
[DE/DE]; Obere Bachgasse 9, 93042 Regensburg (DE).
STRAUSS, Uwe [DE/DE]; Erich-Kästner-Strasse 32,
93077 Bad Abbach (DE). **VÖLKL, Johannes** [DE/DE];
Hofer Strasse 4, 91056 Erlangen (DE). **ZEHNDER,
Ulrich** [DE/DE]; Augustenstrasse 11, 93049 Regensburg
(DE).

(74) Anwalt: **EPHING HERMANN & FISCHER**; Rüdler-
strasse 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

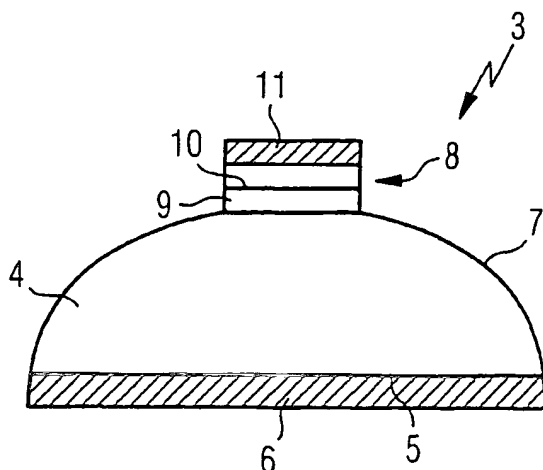
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **RADIATION-EMITTING CHIP**

(54) Bezeichnung: **STRAHLUNGSEMITTIERENDER CHIP**



(57) Abstract: A light-emitting chip (3) comprises a lens-shaped output window (4), the base surface (5) of which is provided with a mirror surface (6). A sequence of layers (9) is arranged on an output surface (7) of the output window (4) with a photon-emitting p-n junction (10). The photons emitted by the p-n junction are reflected at the mirror surface (6) and can leave the output window (4) through the output surface (7).

(57) Zusammenfassung: Ein Licht emittierendes Chip (3) weist ein linsenförmiges Auskoppelfenster (4) auf, dessen Grundfläche (5) mit einer Spiegelfläche (6) versehen ist. Auf einer Auskoppelfläche (7) des Auskoppelfensters (4) ist eine Schichtfolge (9) angeordnet mit einem Photonem emittierenden pn-Übergang (10). Die vom pn-Übergang emittierten Photonen werden an der Spiegelfläche (6) reflektiert und können das Auskoppelfenster (4) durch die Auskoppelfläche (7) verlassen.

WO 02/37578 A1

Beschreibung

Strahlungsemittierender Chip

- 5 Die Erfindung betrifft einen strahlungsemittierenden Chip mit einem Photonen emittierenden aktiven Bereich und einem diesen zugeordneten, insbesondere an diesen angrenzenden Auskoppelfenster, der eine Auskoppelfläche aufweist, über die zumin-
10 dest ein Teil der von dem aktiven Bereich emittierten Strahlung aus dem Chip ausgekoppelt wird.

- Aus der US 50 87 949 A ist ein Leuchtdiodenchip bekannt, der ein pyramidenstumpfförmiges n-dotiertes Auskoppelfenster aufweist. Entlang der Grundfläche des n-leitenden Grundkörpers
15 ist eine p-leitende Schicht ausgebildet. Unterhalb der p-leitenden Schicht befindet sich eine Isolierschicht, die von einem zentralen Fenster unterbrochen ist. In dem Fenster ist die p-leitende Schicht von einer Kontaktschicht kontaktiert. Auf der Oberseite des pyramidenstumpfförmigen Grundkörpers
20 befindet sich eine weitere Kontaktschicht. Durch die Isolierschicht ist der Stromfluß durch die p-leitende Schicht und den n-leitenden Grundkörper auf den Bereich des Fensters eingeschränkt. Bei Stromfluß werden im Bereich des Fensters entlang der Grenzfläche zwischen der p-leitenden Schicht und dem
25 n-leitenden Grundkörper Photonen emittiert. Aufgrund der pyramidenstumpfförmigen Ausgestaltung des Grundkörpers trifft ein Großteil der Photonen auf eine Auskoppelfläche des pyramidenstumpfförmigen Grundkörpers unter einem Winkel, der kleiner als der kritische Winkel für die Totalreflexion ist.
30 Dadurch weist dieses bekannte Bauelement eine vergleichsweise hohe Lichtausbeute auf.

- Ein Nachteil des bekannten Leuchtdiodenchips besteht darin, daß sich der pn-Übergang an der Montageseite des Chips befindet. Bei einer Montage mit elektrisch leitfähigem Silber-
35 Epoxy-Kleber besteht daher eine hohe Gefahr, dass seitlich hochquellender Kleber den aktiven Bereich elektrisch kurzschließt, was zum Ausfall des Bauelements führt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Chip der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem insbesondere die Gefahr
5 eines Kurzschlusses des oder eines Teils des aktiven Bereichs weitestgehend beseitigt ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Chip mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

10

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 25 angegeben.

Im Weiteren Text ist unter "Chipachse" eine senkrecht zu einer Montagefläche des Chips durch den Chip verlaufende Gerade
15 zu verstehen.

Gemäß der Erfindung weist der aktive Bereich des Chips eine senkrecht zur Chipachse liegende Querschnittsfläche auf, die
20 kleiner ist als eine senkrecht zur Chipachse liegende Querschnittsfläche des Auskoppelfensters und ist der aktive Bereich in Abstrahlungsrichtung des Chips dem Auskoppelfenster nachgeordnet. An der vom aktiven Bereich abgewandten und damit der Montagefläche zugewandten Seite des Auskoppelfensters
25 ist eine Spiegelfläche ausgebildet. Diese Spiegelfläche ist vorzugsweise größer als die oben genannte Querschnittsfläche des aktiven Bereichs und ist vorzugsweise aus einer Metallisierungsschicht gebildet, die besonders bevorzugt gleichzeitig zur elektrischen Kontaktierung des Chips verwendet wird.

30

Bei dem Chip gemäß der Erfindung ist der Photonen emittierende aktive Bereich weit genug entfernt von jeglichem elektrisch leitenden Verbindungsmittel zur Befestigung des Chips auf einem Chipträger, so dass die Gefahr eines elektrischen
35 Kurzschlusses des aktiven Bereichs durch das elektrisch leitende Verbindungsmittel weitestgehend beseitigt ist. Der Chip gemäß der Erfindung läßt sich daher zuverlässig montieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Bauelements gemäß der Erfindung weist eine zur Abstrahlrichtung des Chips gewandte Fläche eines seitlich über den aktiven Bereich hinausragenden Teilbereiches des Auskoppelfenster eine gekrümmte, beispielsweise eine kreisrund nach außen gewölbte Oberfläche auf. Bevorzugt ist die gekrümmte Oberfläche vollständig um den aktiven Bereich umlaufend, so dass das Auskoppelfenster zumindest eine einer kugelkalottenartigen Form angenäherte äußere Kontur aufweist.

10

Der Querschnitt des aktiven Bereichs und der Krümmungsradius R_2 der gekrümmten Oberfläche des Auskoppelfensters sind dabei so gewählt, daß der durch die Spiegelung an der Spiegelfläche entstehende virtuelle aktive Bereich innerhalb der dem Kreissegment zugeordneten Weierstrass'schen Kugel zu liegen kommt. Das bedeutet insbesondere, daß die Krümmungsradien R_2 größer als oder gleich der zweifachen Höhe des Bauelements sind. Außerdem ist die halbe maximale Außenabmessung R_1 des aktiven Bereichs entlang der Auskoppelfläche $R_1 < R_2 \cdot n_A/n_i$, wobei n_i der Brechungsindex des Materials des Auskoppelfensters und n_A der Brechungsindex der Umgebung ist, die insbesondere von einem Chip-Verguss gebildet ist.

15

Mit dieser Anordnung kommt der Chip der Idealform nach Weierstrass nahe, da der virtuelle aktive Bereich innerhalb der Weierstrass'schen Kugel liegt und die dort virtuell erzeugten Photonen den Grundkörper verlassen können.

25

Bei Erfindung eignet sich besonders bevorzugt für Chips, bei denen das Material des Auskoppelfensters einen größeren Brechungsindex aufweist als das an diese angrenzende Material des aktiven Bereichs, der meist als aktive Mehrschichtstruktur ausgebildet ist. Dadurch wird vorteilhafterweise die Reflexion der von der aktiven Zone nach hinten ausgesandten Strahlung an der Grenzfläche zwischen aktivem Bereich und Auskoppelfenster vermindert und es erfolgt eine Komprimierung der in das Auskoppelfenster eingekoppelten Strahlung.

30

35

Die erfindungsgemäße Chipgeometrie wird besonders bevorzugt bei Nitrid-basierten LED-Chips verwendet, bei dem die aktive Mehrschichtstruktur auf einem SiC- oder SiC-basierten Aufwachs-Substrat hergestellt ist. Hier gilt Brechungsindex_{aktive}
5 schicht > Brechungsindex_{Substrat}. GaN-basierte LED-Chips sind LED-Chips, deren strahlungsemittierende Schicht beispielsweise GaN, InGaN, AlGaN und/oder InGaAlN aufweist.

Unter „Nitrid-basiert“ fallen insbesondere alle binären, ternären und quaternären Stickstoff aufweisenden III-V-
10 Halbleiter-Mischkristalle, wie GaN, InN, AlN, AlGaN, InGaN, InAlN und AlInGaN.

Analog dazu ist mit „SiC-basiert“ jedes Mischkristall gemeint, dessen wesentliche Eigenschaften von den Bestandteilen Si und C geprägt ist.
15

Die Schichtenfolge des aktiven Bereichs wird vorzugsweise bereits auf ein Substratmaterial aufgewachsen, das später zu
20 Auskoppelfenstern weiterverarbeitet wird.

Nachfolgend wird die Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

25 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein dem Weierstrass-Prinzip folgenden Licht erzeugenden Element;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Querschnitts
30 durch einen Chip gemäß der Erfindung;

Figur 3 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch den Chip aus Figur 2, bei der die Lage des virtuellen aktiven Bereichs eingezeichnet ist;
35

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Chips gemäß der Erfindung;

- Figur 5 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel mit gerichteter Abstrahlung;
- 5 Figur 6 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel, dessen Spiegelfläche unter dem aktiven Bereich die Photonen in seitliche Richtung lenkende Erhebungen aufweist;
- 10 Figur 7 ein Ausführungsbeispiel mit konkaver Spiegelfläche und
- Figur 8 ein Bauelement mit nebeneinander angeordneten aktiven Bereichen, denen jeweils ein pyramidenstumpfförmiger Abschnitt eines Auskoppelfensters zugeordnet ist.
- 15

Das in Figur 1 dargestellte Element besitzt einen Querschnitt, der nach Weierstrass ideal gestaltet ist. Das Element weist einen inneren Licht erzeugenden Bereich 1 mit Radius R_1 auf. Der Licht erzeugende Bereich 1 ist von einer Hülle 2 mit Brechungsindex n_i und Radius R_2 umgeben. Die Hülle 2 ist umgeben von einem Material mit Brechungsindex n_A (z.B. Luft oder Kunststoff-Vergußmaterial). Damit das im Licht erzeugenden Bereich 1 erzeugte Licht vollständig aus der Hülle 2 auskoppeln kann, muß gelten: $R_1/R_2 < n_A/n_i$.

20

25

In Figur 2 ist ein Querschnitt durch einen Leuchtdioden(LED)-Chip 3 dargestellt, der ein kugelkalottenartiges Auskoppelfenster 4 aufweist, an dessen Grundfläche 5 eine Spiegelschicht 6 ausgebildet ist. Gegenüber der Spiegelschicht 6 ist auf dem Auskoppelfenster 4 ein Photonen emittierender aktiver Bereich 8 vorgesehen. Der aktive Bereich 8 umfaßt eine Schichtfolge 9 mit einer strahlungsemittierenden Zone 10, insbesondere einem strahlungsemittierenden pn-Übergang 10, und ist mit einer Kontaktschicht 11 abgedeckt. Der aktive Bereich 8 kann neben den Schichten der strahlungsemittierenden Zone 10 weitere, beispielsweise die kristalline oder elektri-

30

35

sche Anpassung betreffende Schichten, und/oder auch sogenannte Abdeckschichten umfassen. Derartige Schichtenfolgen sind bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Auch die Spiegelschicht 6 kann als Kontaktschicht
5 ausgebildet sein.

Bei Stromfluß durch das Auskoppelfenster 4 und den aktiven Bereich 8 werden in der strahlungserzeugenden Zone 10 durch Rekombination von Ladungsträgern Photonen erzeugt. Ein Teil dieser erzeugten Photonen wird zum Auskoppelfenster 4 hin emittiert, an der Grundfläche 5 reflektiert und zu einem großen Teil in Richtung auf die Auskoppelfläche 7 hin gelenkt. Falls sie dort unter einem Winkel auftreffen, der kleiner als der kritische Winkel (auch Grenzwinkel genannt) für die Totalreflexion ist, können die Photonen durch die Auskoppelfläche 7 hindurchtreten und das Auskoppelfenster 4 verlassen. Die Wahrscheinlichkeit, dass letzteres eintritt, ist mit einem erfindungsgemäßen Chip im Vergleich zu herkömmlichen Chipgeometrien erhöht.

20

Besonders vorteilhaft ist, wenn die geometrischen Verhältnisse des Chips so gewählt werden, daß ein virtuelles Bild 12 des aktiven Bereichs 8 so bezüglich der Auskoppelfläche 7 zu liegen kommt, daß die Weierstrass'sche Bedingung für eine
25 Lichtauskopplung ohne Totalreflexion erfüllt ist. Dies ist der Fall, wenn die Krümmungsradien R_2 der Auskoppelfläche 7 so gewählt werden, daß gilt: $2H - R_2 \frac{n_A}{n_i} \leq R_2 \leq 2H + R_2 \frac{n_A}{n_i}$, vor-

zugsweise $R_2 = 2H$, wobei H die Höhe des Chips 3 ist. Ferner muß für die halbe Ausdehnung R_1 des aktiven Bereichs 8, den Brechungsindex n_1 des aktiven Bereichs 8 und den Brechungsindex n_2 des Auskoppelfensters 4 gelten: $R_1/R_2 < n_A/n_i$. In diesem Fall kann ein Großteil der auf die Spiegelfläche 6 auftreffenden Photonen durch die Auskoppelfläche 7 auskoppeln. Ausgenommen davon sind im Wesentlichen nur diejenigen Photonen, die zwischen der Spiegelfläche 6 und dem aktiven Bereich
35 8 hin und her reflektiert werden oder im aktiven Bereich 8 weider absorbiert werden.

In Figur 4 ist ein abgewandelter Chip 13 dargestellt, dessen Auskoppelfenster 14 über eine Teildicke, ausgehend von der Grenzfläche zum aktiven Bereich 8 mittels schräg von der Chipachse weg verlaufenden Seitenflächen 15 pyramidenstumpfförmig ausgebildet ist. Zusammen mit den übrigen Seitenflächen des Auskoppelfensters 14 bilden die schräg verlaufenden Seitenflächen 15 eine domartig gewölbte Auskoppelfläche, deren Einhüllende näherungsweise kugelkalottenartig ist. Letztere ist in Figur 4 durch die gestrichelte Linie eingezeichnet. Der in Figur 4 dargestellte Chip ist insofern von Vorteil, als er auf einfache Weise hergestellt werden kann und gleichzeitig der Idealform nach Weierstrass angenähert werden kann.

Abweichend von dem in Figur 4 dargestellten Chip 13 verlaufen bei dem in Figur 5 dargestellten Chip 16 die schräg verlaufenden Seitenflächen 17 in einem spitzeren Winkel zur Chipachse als die entsprechenden Seitenflächen 15 des Chips 13 von Figur 4. Die Seitenflächen 15 des Chips 13 sind in Figur 5 gestrichelt angedeutet. Durch den spitzeren Winkel der Seitenflächen 17 wird die vom Chip 16 ausgehende Strahlung in Richtung einer Abstrahlrichtung 18 konzentriert. Dies wird durch die mit durchgezogenen Linien in Figur 5 eingezeichneten Photonentrajektorien veranschaulicht, die gegenüber den gestrichelt eingezeichneten Photonentrajektorien 20 des Chips 13 aus Figur 4 stärker zur Abstrahlrichtung 18 hin ausgerichtet sind.

Anhand von Figur 5 wird auch deutlich, daß einige der Photonentrajektorien 19 mehrmals zwischen der Kontaktschicht 11 und der Spiegelschicht 6 hin und her verlaufen. Photonen, die solche Trajektorien aufweisen, werden zum Teil im aktiven Bereich 8 absorbiert und gehen verloren. Wie in Figur 6 angedeutet, kann durch Vorsehen von zur Chipachse schrägstehenden Flächen 30 an der vom aktiven Bereich 8 abgewandten Seite des Auskoppelfensters 14, die bevorzugt spiegelnd ausgebildet sind, dieses Problem zumindest gemindert werden. Die schrägstehenden Flächen 30 können die besagten Photonentrajektorien

19 in seitliche Richtung von der Chipachse weg lenken, so dass sie nicht mehr zum aktiven Bereich 8 hin, sondern zu einer Seitenfläche des Auskoppelfensters 14 hin reflektiert werden.

5

Solche schräg zur Chipachse stehenden Strahlungsumlenkflächen 30 können beispielsweise durch eine geeignete Strukturierung des Auskoppelfensters 14 mittels Ausnehmungen 21 und dazwischenliegenden Erhebungen 22 unter dem aktiven Bereich 8 in der Grundfläche 5 erzielt werden.

10

Die Ausnehmungen 21 können beispielsweise durch reaktives Ionen-Ätzen (RIE) oder durch Einsägen hergestellt sein.

15 Bei dem in Figur 7 dargestellten Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel weist das Auskoppelfenster 26 an seiner vom aktiven Bereich 8 abgewandten Seite eine Spiegelschicht 6 mit der Form eines paraboloidartigen Hohlspiegels auf. Vorzugsweise befindet sich der Brennpunkt der Spiegelschicht 6 im aktiven Bereich 8. Durch Reflexion an der Spiegelfläche 6 werden die vom aktiven Bereich 8 ausgehenden Photonentrajektorien derart reflektiert, daß die Photonen unter einem Winkel der kleiner als der kritische Winkel für die Totalreflexion ist auf die Vorderseite 24 des Auskoppelfensters

20 26 treffen. Dies ist in Figur 7 anhand der Photonentrajektorien 25 veranschaulicht. Zusätzlich zu der paraboloidartigen Chiprückseite kann die Oberseite 24 des Auskoppelfensters 26 wie bei den Chips gemäß den Figuren 2, 4 und 5 ausgebildet sein.

25

30

Der Chipgeometrie gemäß Figur 7 hat den Vorteil, daß die Auskoppelfläche an der Vorderseite der Fensterschicht 26 und kleiner ist. Die Leuchtdichte ist vorteilhafterweise höher als beim Chip 3 gemäß Figur 2. Damit läßt sich das Licht mit nachgeordneten Optiken leichter abbilden.

35

Schließlich können, wie in Figur 8 dargestellt, mehrere Chips 3, 13 oder 23 nebeneinander angeordnet und zu einem einzigen

Chip 27 verbunden sein. Die Seitenflächen 15 werden dabei durch Vertiefungen 28 im Auskoppelfenster 4 gebildet. Vorzugsweise werden die Vertiefungen 28 durch Profilsägen in das Auskoppelfenster 4 eingebracht.

5

Bei den in Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Spiegelfläche 6 jeweils als Kontaktschicht ausgebildet. Es ist jedoch auch möglich, die Kontaktierung nicht ganzflächig vorzunehmen, sondern neben einer die Grundfläche 5 teilweise bedeckenden Kontaktierung eine Verspiegelung der restlichen Fläche vorzusehen. Eine die Grundfläche 5 teilweise bedeckende Kontaktierung kann beispielsweise netzartig oder streifenförmig ausgebildet sein. Zweckmäßigerweise sollte die entlang der Grundfläche 5 ausgebildete Kontaktschicht der oberen Kontaktschicht 11 genau gegenüberliegen, um die elektrischen Verluste klein zu halten.

Es ist auch möglich, anstelle einer Kontaktierung entlang der Grundfläche eine Kontaktierung zwischen dem aktiven Bereich 8 und dem Auskoppelfenster 4 bzw. 26 vorzusehen, die seitlich herausgeführt ist.

Bei den in den Figuren 2 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispielen ist der aktive Bereich 8 jeweils auf einem linsenförmigen Auskoppelfenster 4 angeordnet. Es ist auch denkbar, bei den in Figuren 2 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen das Auskoppelfenster 4 in der Gestalt einer Fresnel-Linse auszubilden. Ebenso kann bei dem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiel die Spiegelfläche 6 die Gestalt eines Fresnel-Spiegels aufweisen.

Die Kontakte können streifenförmig oder netzartig ausgebildet sein, wobei die Zwischenräume zwischen den Streifen bzw. Netzlinien vorzugsweise reflektierend ausgebildet sind.

35

Beispiel 1:

Die Auskoppelleffizienz wurde für den Chip 16 gemäß Figur 5 mit einer Grundfläche 5 von $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$ und einem pn-Übergang 10 mit einer Fläche von $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ untersucht. Die Reflexion an der Spiegelfläche 6 war 90%, die Reflexion an der Kontaktschicht 11 war 80%. Die Seitenflächen 17 weisen einen Steigungswinkel von 60 Grad auf. Das Auskoppelfenster 4 wurde aus SiC gefertigt und der aktive Bereich 8 wurde auf der Basis von InGaN hergestellt. In diesem Fall konnten 42% der emittierten Photonen den Chip 16 verlassen.

10

Beispiel 2:

Bei einem weiteren Chip 16, der sich von dem Chip 16 aus Beispiel 1 nur durch einen Steigungswinkel der Seitenflächen 17 von 45 Grad unterscheidet, betrug die Auskoppelleffizienz 39%.

15

Vergleichsbeispiel 1:

Bei einem herkömmlichen Würfel-Chip mit der Grundfläche $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$, einer Rückseitenreflexion von 90%, einer Vorderseitenreflexion an einem Kontakt von 80% betrug die Auskoppelleffizienz 28%.

20

Vergleichsbeispiel 2:

25

Bei einem herkömmlichen Würfel-Chip mit der Grundfläche $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$ und einer absorbierenden vorderseitigen Kontaktierung von $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ und einem weiteren vorderseitigen, transparenten Kontakt zur Stromaufweitung mit einer Transmission von 50% und mit einer Rückseitenreflexion von 90% betrug die Auskoppelleffizienz 25%.

30

Untersuchungen ergaben, dass bei dem in Figur 5 dargestellten Chip 16 eine Steigerung der Lichtausbeute gegenüber einem herkömmlichen Würfel-Chip um den Faktor 1,7 erzielt wird. Bei dem in Figuren 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Steigerung der Lichtausbeute noch deutlich höher.

35

Die Steigerung der Lichtausbeute ist insbesondere bei UV-Licht emittierenden Chips wesentlich, da die zum Vergießen der Chips verwendeten Materialien im allgemein UV-Licht absorbieren und daher nicht verwendet werden können. Die hier
5 vorgestellten Chips 3,13,16 und 23 weisen jedoch eine so hohe Auskoppelleffizienz auf, daß auf einen Verguß verzichtet werden kann.

Patentansprüche

1. Chip für die Optoelektronik, insbesondere LED-Chip, mit einem Photonen emittierenden aktiven Bereich (8) und einem
5 mindestens eine Auskoppelfläche (7, 15, 17) aufweisenden Auskoppelfenster (4),
dadurch gekennzeichnet,
daß der aktive Bereich (8) bezogen auf eine Hauptabstrahlrichtung (18) des Chips dem Auskoppelfenster (4) nachgeordnet
10 ist, daß auf der dem aktiven Bereich (8) gegenüberliegenden Seite (5) des Auskoppelfensters (4) eine Spiegelfläche (6) ausgebildet ist und daß die Auskoppelflächen (7, 15, 17) seitlich über die Seitenflächen des aktiven Bereichs (8) hinausragen.
- 15 2. Chip nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der aktive Bereich (8) eine auf dem Auskoppelfenster (4) ausgebildete Schichtenfolge (9) ist.
- 20 3. Chip nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Chip eine durch den aktiven Bereich (8) verlaufende Chipachse aufweist.
- 25 4. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Auskoppelfenster (4) eine domartige, insbesondere kugelkalottenartige Form aufweist, wobei sich das Auskoppelfenster
30 zum aktiven Bereich hin verjüngt.
5. Chip nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Krümmungsradius einer Auskoppelfläche (7) R_2 größer
35 gleich $2H - R_2 \frac{n_A}{n_i}$ und kleiner gleich $2H + R_2 \frac{n_A}{n_i}$ ist, wobei
H gleich der Höhe des Chips ist.

6. Chip nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß für die halbe maximale Abmessung R_1 der Schichtfolge (9)
entlang der Auskoppelfläche gilt:

5 $R_1 < R_2 n_A / n_i$.

7. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Auskoppelfenster (4) wenigstens abschnittsweise pyra-
10 midenstumpfförmig ausgebildet ist.

8. Chip nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß das wenigstens abschnittsweise pyramidenstumpfförmig aus-
15 gebildete Auskoppelfenster (4) ein Kugelsegment umhüllt.

9. Chip nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß das wenigstens abschnittsweise pyramidenstumpfförmige
20 Auskoppelfenster (4) ein Rotationsellipsoid mit durch den ak-
tiven Bereich (8) verlaufender Längsachse umhüllt.

10. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß das Auskoppelfenster (4) als Fresnel-Linse ausgebildet
ist.

11. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß die Spiegelfläche (6) unter dem aktiven Bereich (8) die
Photonen in seitliche Richtung lenkende Erhebungen (21) auf-
weist.

12. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
35 dadurch gekennzeichnet,
daß die Spiegelfläche (6) gekrümmt ist.

13. Chip nach Anspruch 12,

14

dadurch gekennzeichnet,
daß die Spiegelfläche (6) gesehen vom aktiven Bereich (8)
konkav ausgebildet ist.

5 14. Chip nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Spiegelfläche (6) als Paraboloid ausgebildet ist.

15 15. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Spiegelfläche (6) als Fresnel-Spiegel ausgebildet
ist.

16. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
15 dadurch gekennzeichnet,
daß die Spiegelfläche (6) als Kontaktfläche dient.

17. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß die Spiegelfläche (6) neben Kontaktflächen ausgebildet
ist.

18. Chip nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß die Kontakte streifenförmig ausgebildet sind.

19. Chip nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kontakte netzartig ausgebildet sind.

30 20. Chip nach einem der Ansprüche 17 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kontaktfläche dem aktiven Bereich (8) gegenüberliegt.

35 21. Chip nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen aktivem Bereich (8) und Auskoppelfenster (4) ei-
ne Kontaktschicht ausgebildet ist.

22. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Material des Auskoppelfensters einen größeren Bre-
5 chungsindex aufweist als das Material des aktiven Bereichs.

23. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Nitrid-basierter aktiver Bereich vorgesehen ist und
10 das Auskoppelfenster SiC- oder aus SiC-basiertes Material
aufweist.

24. Chip nach Anspruch 23,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß eine strahlungsemittierende Schicht des aktiven Bereichs
GaN, InGaN, AlGaN und/oder InGaAlN aufweist.

25. Chip nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß der aktive Bereich auf dem Auskoppelfenster aufgewachsen
ist.

1/4

FIG 1

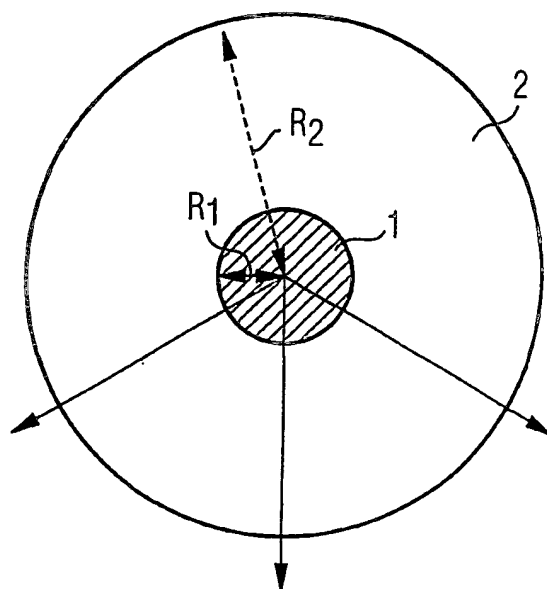
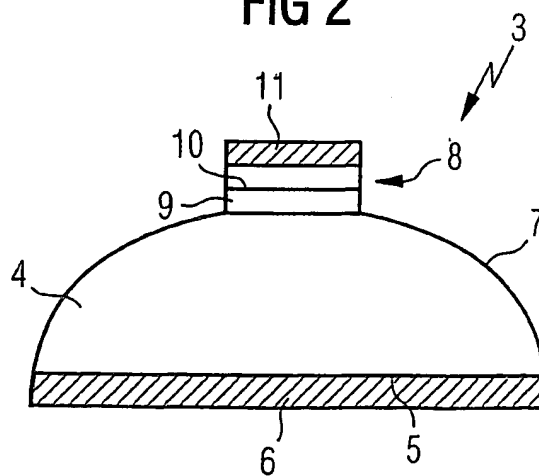


FIG 2



2/4

FIG 3

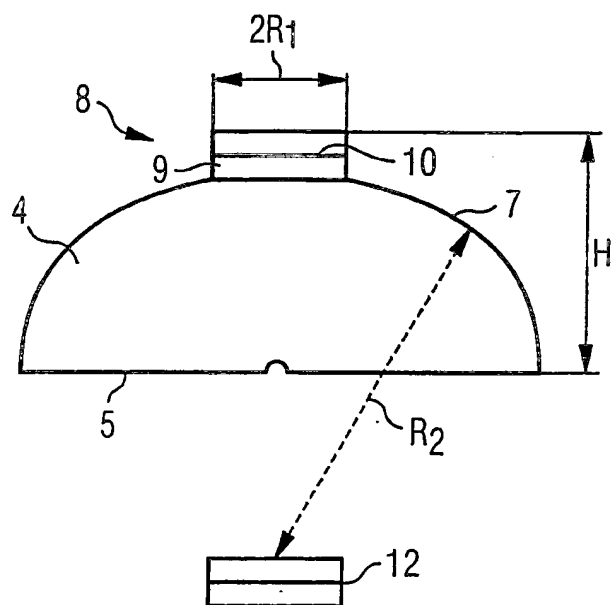
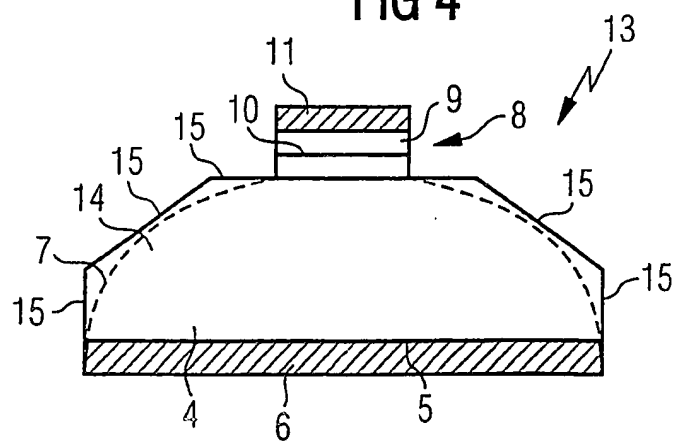


FIG 4



3/4

FIG 5

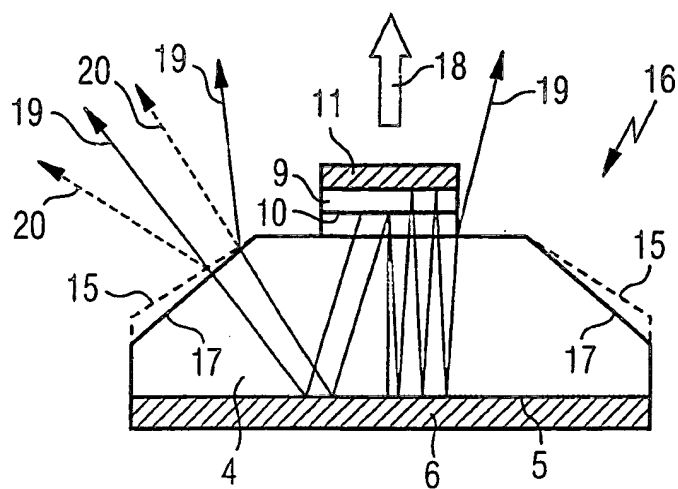
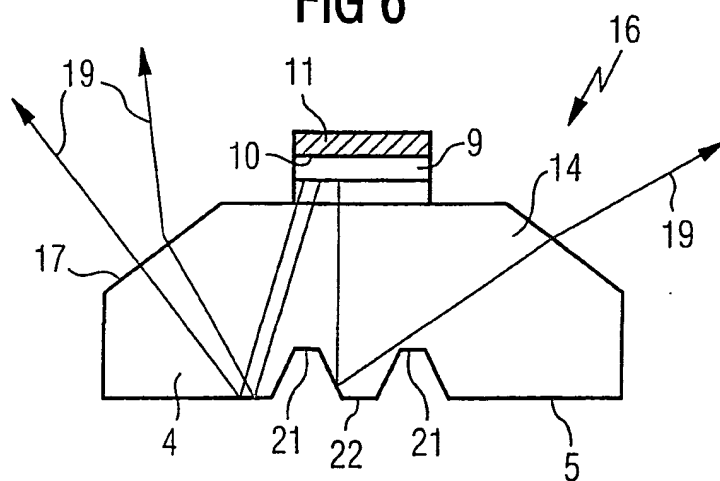


FIG 6



4/4

FIG 7

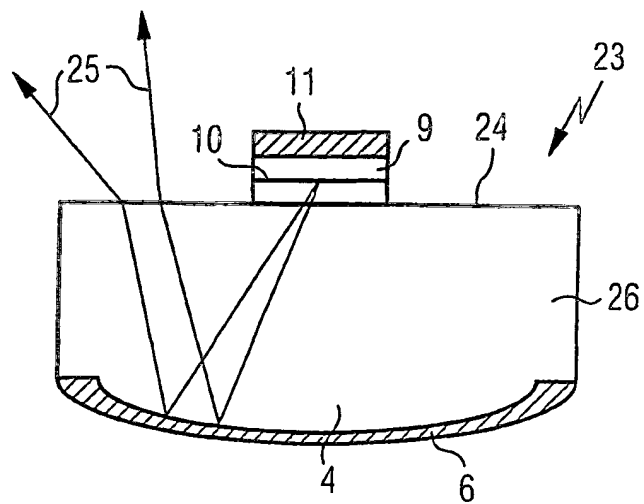
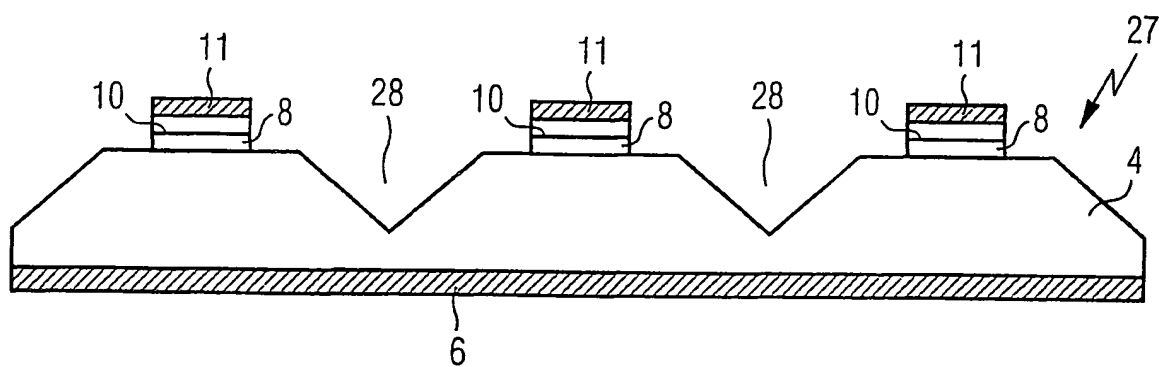


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 01/04171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, MPI Data, PAJ, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 September 1993 (1993-09-29)	1-4, 7-25
Y	abstract; figures 4,5	5,6
X	US 6 025 251 A (JAKOWETZ WOLF ET AL) 15 February 2000 (2000-02-15) column 3, line 53 -column 4, line 31; figure 1	1
X	US 5 429 954 A (GERNER JOCHEN) 4 July 1995 (1995-07-04) figure 1	1
Y	EP 0 415 640 A (HEWLETT PACKARD CO) 6 March 1991 (1991-03-06) column 5, line 28 -column 7, line 35	5,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2002

Date of mailing of the international search report

28/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Werner, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 01/04171

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0562880	A	29-09-1993	DE 69312360 D1	28-08-1997
			DE 69312360 T2	20-11-1997
			EP 0562880 A1	29-09-1993
			JP 6013650 A	21-01-1994
			US 5349211 A	20-09-1994
US 6025251	A	15-02-2000	DE 19536438 A1	03-04-1997
			DE 59601335 D1	01-04-1999
			EP 0766324 A1	02-04-1997
			JP 2831621 B2	02-12-1998
			JP 9116196 A	02-05-1997
			TW 406429 B	21-09-2000
			US 5923053 A	13-07-1999
US 5429954	A	04-07-1995	DE 4305296 A1	25-08-1994
			JP 2573907 B2	22-01-1997
			JP 6350135 A	22-12-1994
EP 0415640	A	06-03-1991	US 5055892 A	08-10-1991
			DE 69016885 D1	23-03-1995
			DE 69016885 T2	08-06-1995
			EP 0415640 A2	06-03-1991
			HK 169395 A	10-11-1995
			JP 2891525 B2	17-05-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Abzeichen

PCT/DE 01/04171

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L33/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPC-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
X	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29. September 1993 (1993-09-29)	1-4,7-25
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 4,5	5,6
X	US 6 025 251 A (JAKOWETZ WOLF ET AL) 15. Februar 2000 (2000-02-15) Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 31; Abbildung 1	1
X	US 5 429 954 A (GERNER JOCHEN) 4. Juli 1995 (1995-07-04) Abbildung 1	1
Y	EP 0 415 640 A (HEWLETT PACKARD CO) 6. März 1991 (1991-03-06) Spalte 5, Zeile 28 - Spalte 7, Zeile 35	5,6

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, ohne Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Februar 2002

Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts

28/02/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Werner, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Abkürzungen

PCT/DE 01/04171

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0562880	A	29-09-1993	DE 69312360 D1	28-08-1997
			DE 69312360 T2	20-11-1997
			EP 0562880 A1	29-09-1993
			JP 6013650 A	21-01-1994
			US 5349211 A	20-09-1994
US 6025251	A	15-02-2000	DE 19536438 A1	03-04-1997
			DE 59601335 D1	01-04-1999
			EP 0766324 A1	02-04-1997
			JP 2831621 B2	02-12-1998
			JP 9116196 A	02-05-1997
			TW 406429 B	21-09-2000
US 5429954	A	04-07-1995	US 5923053 A	13-07-1999
			DE 4305296 A1	25-08-1994
			JP 2573907 B2	22-01-1997
EP 0415640	A	06-03-1991	JP 6350135 A	22-12-1994
			US 5055892 A	08-10-1991
			DE 69016885 D1	23-03-1995
			DE 69016885 T2	08-06-1995
			EP 0415640 A2	06-03-1991
			HK 169395 A	10-11-1995
			JP 2891525 B2	17-05-1999

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.